

**Pertumbuhan dan Akumulasi Cr^{6+} oleh Asosiasi Tumbuhan *Coix lacryma-jobi* L.
dengan Mikoriza *Gigaspora margarita* serta *Glomus aggregatum*
(*The Growth and Accumulation of Cr^{6+} by The Association of *Coix lacryma-jobi* L,
Plant with *Gigaspora margarita* and *Glomus aggregatum**)**

Oleh:

Eko Budi Santoso
NIM: 412013024

SKRIPSI

Diajukan kepada Program Studi: Biologi, Fakultas: Biologi guna memenuhi sebagian dari
persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains (Biologi)

Program Studi Biologi



Fakultas Biologi
Universitas Kristen Satya Wacana
Salatiga
2017



PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eko Budi Santoso
NIM : 412013024 Email : tophar86@gmail.com
Fakultas : Biologi Program Studi : Biologi
Judul tugas akhir : Pertumbuhan dan Akumulasi Cr^{6+} oleh Asosiasi Tumbuhan *Cotix lacryma-jobi* L.
dengan Mikoriza *Gigaspora margarita* serta *Glomus aggregatum*

Pembimbing : 1. Dr. Sri Kasmiyati, S.Si, M.Si
2. _____

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 27 Januari 2017.

Meterai Rp. 6.000,-
(Eko Budi Santoso)
Tanda tangan & nama terang mahasiswa



PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eko Budi Santoso
NIM : 412013024 Email : tophar86@gmail.com
Fakultas : Biologi Program Studi : Biologi
Judul tugas akhir : Pertumbuhan dan Akumulasi Cr^{6+} oleh Asosiasi Tumbuhan *Coix lacryma-jobi* L.
dengan Mikoriza *Gigaspora margarita* serta *Glomus aggregatum*

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA**

* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak *non-eksklusif* kepada Repositori Perpustakaan Universitas sudi mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

** Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing I dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/profesi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 27 Januari 2017.

1956

(Eko Budi Santoso)
Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Mengetahui,

Dr. Sri Kasmiyati, M.Si
Tanda tangan & nama terang pembimbing I

Tanda tangan & nama terang pembimbing II

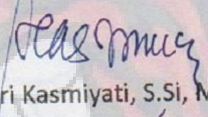
**Pertumbuhan dan Akumulasi Cr^{6+} oleh Asosiasi Tumbuhan *Coix lacryma-jobi* L.
dengan Mikoriza *Gigaspora margarita* serta *Glomus aggregatum*
(*The Growth and Accumulation of Cr^{6+} by The Association of *Coix lacryma-jobi* L,
Plant with *Gigaspora margarita* and *Glomus aggregatum*)***

Oleh,
Eko Budi Santoso
NIM: 412013024

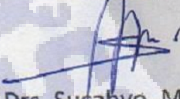
SKRIPSI

Diajukan kepada Program Studi: Biologi, Fakultas: Biologi guna memenuhi sebagian dari
persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains (Biologi)

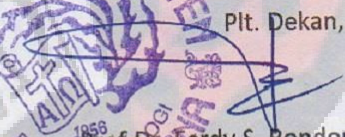
Disetujui oleh,
Pembimbing


Dr. Sri Kasmiyati, S.Si, M.Si

Diketahui oleh,
Kaprodik,


Drs. Sucahyo, M.Sc.

Disahkan oleh,
Plt. Dekan,


Prof. Dr. Ferdy S. Rondonuwu, M.Sc.

Fakultas Biologi
Universitas Kristen Satya Wacana
Salatiga
2017

Abstract

Jali-jali plant (*Coix lacryma-jobi* L.) and its association with mycorrhizal potentially decrease heavy metal pollution in the environment, such as chromium (Cr). This research aims to find out the influence of giving mycorrhizal towards the growth and absorption of Cr^{6+} in Jali-jali plant. The research is conducted experimentally using two factors, namely Cr treatment (without Cr; Cr^{3+} 250 ppm; and Cr^{6+} 5 ppm) and mycorrhizal treatment (without mycorrhizal, with *Gigaspora margarita* mycorrhizal; and with *Glomus agregatum* mycorrhizal). Jali-jali plant is grown in the sterile sand given Cr liquid according to the treatment 50 ml at the first and mycorrhizal treatment each 25 gram/500 gram media. This plant is grown for about fifteen days after mycorrhizal treatment (\pm 35 days old). Parameter observation includes the growth of the plant (height, the number and the width of the leaves, and the dry weight) and the content of Cr^{6+} on the root and the tip. The result shows that giving mycorrhizal treatment of *G. margarita* and *G. agregatum* obviously influences the growth of Jali-jali plant which is given with Cr^{3+} and Cr^{6+} treatment. On the Cr^{3+} and Cr^{6+} treatment, the growth of Jali-jali plant (height, the number and the width of the leaves, and the biomass) which is not given mycorrhizal is greater than the plant which is given mycorrhizal. This result shows that Jali-jali plant without associating with mycorrhizal can tolerate the toxicity of Cr^{3+} and Cr^{6+} . Cr and mycorrhizal treatment obviously influence the accumulation of Cr^{6+} on the root and the tip of Jali-jali plant. The accumulation of Cr^{6+} on the root is greater than the accumulation of Cr^{6+} on the tip. On the Cr^{3+} and Cr^{6+} treatment, the accumulation of Cr^{6+} on the root and the tip of Jali-jali plant which is not given mycorrhizal is greater than Jali-jali plant which is given with mycorrhizal. The greatest accumulation of Cr^{6+} is found on the root and the tip of Jali-jali plant which is given with Cr^{6+} 5ppm and without mycorrhizal, which is respectively at 2,55 mg/L and 0,986mg/L.

Key words: *Coix lacryma-jobi*, chromium, mycorrhizal, heavy metal.

PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan sektor industri memiliki dampak positif dan dampak negatif. Dampak positif berupa terbukanya lapangan kerja baru. Namun ada juga dampak negatif berupa pencemaran terhadap air, tanah dan udara. Pada beberapa industri, limbah yang dihasilkan akan sangat berbahaya jika dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Limbah dari industri tekstil, penyamakan kulit dan elektronik pada umumnya mengandung logam berat yang berasal dari berbagai proses dalam industri tersebut. Apabila logam – logam berat langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan akan menimbulkan masalah bagi kelangsungan hidup makhluk hidup baik itu tanaman, hewan maupun manusia. Hal ini disebabkan karena sifat dari logam berat yang tidak dapat terurai dan dapat terakumulasi di dalam organ tubuh (Pellerin dan Susan, 2006).

Kromium adalah salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan karena bersifat toksik dalam kadar berlebih terhadap makhluk hidup. Secara alami, di lingkungan dapat dijumpai dalam tiga bentuk teroksidasi yaitu Cr^{2+} , Cr^{3+} dan Cr^{6+} (Slamet, 2001). Pada limbah industri penyamakan kulit mengandung Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Kromium Hexavalent atau Cr^{6+} lebih toksik dari pada Cr^{3+} atau trivalent kromium. Cr^{6+} bersifat karsinogen (penyebab kanker), selain itu jika kromium terhirup maka dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung. Logam krom ini dapat bertransformasi jika kondisi lingkungan sesuai (Triatmojo dkk, 2001).

Di Indonesia logam berat berupa Cr^{6+} adalah salah satu masalah yang muncul pada tanah pertanian di sekitar kawasan industri yang menggunakan senyawa Cr. Tanaman yang tumbuh pada daerah yang memiliki kadar krom tinggi akan memunculkan dampak negatif seperti pertumbuhan lambat, pertumbuhan daun kerdil, daun berwarna coklat pada bagian ujung dan tepinya, klorosis, nekrosis, menurunnya laju fotosintesis karena kloroplas rusak serta kematian tanaman. Tanaman dapat menyerap krom dalam dua bentuk yaitu Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Penyerapan terhadap Cr^{6+} lebih banyak daripada Cr^{3+} . Hal ini karena Cr^{6+} diserap melalui jalur sulfat. Struktur kromium mirip dengan SO_4^{2-} sehingga Cr^{6+} lebih mudah diserap, selain sulfat Cr^{6+} juga dapat berikatan dengan unsur Fe, S dan P. Sedangkan pada Cr^{3+} penyerapan oleh tanaman melalui jalur pasif pertukaran kation pada dinding sel (Sabran *et al*, 2010).

Ada beberapa jenis tanaman yang dapat hidup pada lingkungan yang tercemar logam berat. Hal ini dikarenakan kemampuan tanaman tersebut untuk mengakumulasi logam berat yang cukup tinggi. Tanaman jali – jali merupakan salah satu tanaman yang mampu hidup pada tanah tercemar logam berat. Tanaman Jali – Jali atau Hanjeli atau *Coix lacryma-jobi* L. merupakan tanaman yang dapat hidup dalam kondisi yang ekstrim. Tanaman ini termasuk famili *Poaceae* atau rumput – rumputan yang menghasilkan biji yang dapat dimakan seperti gandum, jagung dan barley Tanaman Jali – Jali masih satu rumpun dengan jagung dan sorghum yaitu rumpun *Andropogoneae*.

Di Indonesia dikenal ada dua jenis Jali – Jali yaitu Jali – Jali batu dan ketan. Jali batu menghasilkan biji keras, kulit biji tebal, berwarna putih dan tumbuh liar. Sedangkan Jali ketan memiliki kulit biji tipis, biji lebih lunak dari pada Jali batu, biji berwarna coklat kekuningan, permukaan kurang licin dan tidak mengkilap (Cahyani, W, 2010). Pada penelitian ini digunakan Jali – Jali batu karena jenis ini tidak untuk dimakan, mampu bertahan dalam kondisi ekstrim, tumbuhan lokal, dan belum banyak dibudidayakan (Irawanto, 2014). Tanaman jali – jali dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi, toleran terhadap suhu dingin maupun panas, toleran tanah asam maupun basa (Rahmawati, 2003). Irawanto (2014) melaporkan bahwa tanaman jali – jali dapat mengakumulasi logam berat berupa Pb dengan konsentrasi 8.197 ppm pada bagian akar tanaman, batang 242 ppm dan daun 274 ppm. Sedangkan akumulasi Cd oleh tanaman jali – jali sebanyak 194 ppm pada bagian akar, 4 ppm pada batang dan 6 ppm pada daun. Namun untuk penyerapan Cr oleh tanaman jali – jali belum diketahui.

Usaha fitoremediasi tanah tercemar logam berat dapat dipercepat dengan menggunakan tanaman yang terinfeksi mikoriza. Mikoriza dapat melindungi tanaman inangnya dari logam berat yang toksik melalui mekanisme efek filtrasi, kompleksasi dan akumulasi. Mikoriza dapat membantu tanaman terhindar dari keracunan logam berat serta mampu mengontrol penyerapan logam berat dari tanah (tisdall, 1991). Mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan penyerapan nutrisi oleh tanaman karena ketika mikoriza menginfeksi akar tanaman inangnya maka jamur mikoriza arbuskular (CMA) menghasilkan miselium eksternal yang menghubungkan akar dengan lingkungan disekitarnya (Hardiani, 2009). Tanaman bermikoriza mampu menyerap unsur hara dan air dalam jumlah yang besar karena mikoriza yang menginfeksi jaringan akar akan memproduksi jalinan hifa secara intensif yang mampu meningkatkan penyerapan unsur hara dan air oleh akar tanaman (Hidayat, 1995). Simbiosis tanaman dengan mikoriza terbukti dapat membantu akumulasi unsur – unsur yang beracun bagi tanaman seperti As, Cr dan Pb (Aisyah dan Hardiani, 2009). Mikoriza genus *Glomus* yang bersimbiosis dengan akar tanaman terbukti sangat efektif dalam menyerap logam berat yaitu Cd, Zn dan Pb. Pada penelitian menggunakan mikoriza *Gigaspora margarita* mampu meningkatkan produksi tanaman cabai pada kondisi cekaman Al. Mikoriza mampu berperan dalam perbaikan lingkungan yang tercemar logam berat (Purnomo, 2008)

Penyerapan logam berat Cr menggunakan tanaman sudah banyak dilakukan. *Vetiveria zizanoides* terbukti sangat baik meremediasi kromium. Tanaman ini dapat mengakumulasi kromium pada akar dengan maksimal (Troung, 2000). *Echinodorus palefolius* mampu menyerap kromium sebanyak 9,64 gr. *Equisetum hyemale* dapat menurunkan kadar kromium hingga 61,2% (Malik, 2014). Penyerapan logam berat Cr oleh tanaman jali – jali atau *Coix lacryma-jobi* L yang bersimbiosis dengan mikoriza *Gigaspora margarita* dan *Glomus Aggregatum* belum pernah dilakukan, selain itu tanaman jali – jali

sudah terbukti akumulator tinggi terhadap logam berat Pb dan Cd, kemudian akan bersimbiosis dengan mikoriza *Gigaspora margarita* dan *Glomus Aggregatum* diharapkan dapat menyerap Cr^{6+} dengan maksimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian mikoriza *Gigaspora margarita* dan *Glomus Aggregatum* terhadap pertumbuhan dan akumulasi Cr^{6+} pada tanaman jali - jali. Pada penelitian ini parameter yang digunakan adalah pertumbuhan tanaman, jumlah daun, biomassa, konsentrasi Cr^{6+} pada pasir, akar dan pucuk tanaman jali – jali.

BAHAN DAN METODE

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober sampai Desember 2016, bertempat di Laboratorium Biokimia dan Biologi Molekuler, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

2. Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol scoot, tabung reaksi, timbangan analitik, *beaker glass*, gelas corong, pipet ukur, pipet tetes, pilus, spatula, oven, gelas ukur, furnis, vortex, *autoclave*, enlemeyer, labu takar dan Spektrofotometer UV-VIS.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, mikoriza *Gigaspora margarita*, mikoriza *Glomus aggregatum*, biji jali – jali, plastik tahan panas, pupuk NPK, KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , KOH 10%, diphenilkarbazide 0,5%, acetone, H_2SO_4 pekat, HCl 1 M, HNO_3 1 M, akuades dan kertas saring.

3. Perkecambahan Jali –Jali (*Coix lacryma-jobi* L.)

Biji *Coix lacryma-jobi* L. yang digunakan berasal dari tanaman jali - jali liar. Biji jali – jali dipilih yang berwarna abu – abu mengkilap, memiliki bentuk dan ukuran yang sama dan tidak mengambang saat direndam air. Kemudian direndam dalam air selama 2 hari 2 malam. Setelah direndam 2 hari 2 malam, biji Jali – Jali dikecambahkan pada wadah dengan media pasir bercampur serbuk gergaji dengan perbandingan 2 : 1 dan diberi air hingga media tumbuh basah. Media perkecambahan ini dibuat dengan ketebalan 5 cm. Perkecambahan ini dilakukan pada tempat yang terkena sinar matahari secara langsung untuk merangsang perkecambahan biji. Perkecambahan dilakukan selama 1 minggu. Penyiraman dilakukan selama 3 hari pertama kemudian penyiraman dihentikan. Kemudian ditunggu hingga tanaman berkecambah.

4. Persiapan Media Tumbuh

Media tumbuh *Coix lacryma-jobi* L. ini berupa pasir sungai yang telah dicuci dengan air sampai tidak mengandung tanah. Pasir disterilkan menggunakan *autoclave*. Pasir sungai yang telah dicuci seberat 5 kg dimasukkan dalam kantong plastik tahan panas kemudian disterilkan dengan autoclave pada tekanan 15 psi selama 1 jam (Sangwan, 2013). Media tumbuh *Coix lacryma-jobi* L. berupa pasir steril sebanyak 500 gram per *polybag*.

5. Penanaman *Coix lacryma-jobi* L.

Bibit tanaman Jali – Jali yang telah tumbuh tunasnya dan berumur 1 minggu serta memiliki tinggi dan kondisi pertumbuhan yang seragam digunakan sebagai tanaman uji. Bibit dipindahkan ke dalam *polybag* yang telah diisi pasir steril sebanyak 500 gram. Tanaman jali – jali dibiarkan tumbuh selama seminggu untuk proses aklimatisasi. Pada awal penanaman diberikan pupuk NPK sebanyak 5 gram per *polybag* untuk memacu pertumbuhannya.

6. Pemberian Perlakuan Cr

Perlakuan Cr terdiri dari Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Cr^{3+} diberikan dalam bentuk senyawa CrCl_3 dengan konsentrasi 250 ppm, sedangkan Cr^{6+} diberikan dalam bentuk senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dengan konsentrasi 5 ppm. Sebagai kontrol perlakuan Cr, berupa tanaman jali – jali yang tidak diberi perlakuan Cr. Pemberian perlakuan Cr berupa larutan Cr dalam akuades sesuai dengan konsentrasi masing – masing. Pemberian larutan Cr^{6+} dan Cr^{3+} dilakukan dalam bentuk larutan yang telah diencerkan dengan akuades. Penyiraman sebanyak 50 ml larutan Cr^{6+} setiap 500 gram pasir. Penyiraman dengan larutan Cr^{6+} dan Cr^{3+} dilakukan sebanyak 2 kali dengan total pemberian 50 ml, tanaman tidak disiram larutan Cr^{6+} setiap hari. Larutan Cr diberikan setelah tanaman berumur 1 minggu.

7. Inokulasi Mikoriza

Inokulasi mikoriza dilakukan 3 hari setelah *Coix lacryma-jobi* L. diberi perlakuan kromium. Inokulasi mikoriza dilakukan dengan memberikan 25 gram mikoriza disekitar daerah perakaran tanaman pada masing – masing perlakuan konsentrasi Cr^{6+} dan Cr^{3+} (Aprilia, 2013).

8. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman selama perlakuan dilakukan selama 15 hari setelah perlakuan mikoriza dan Cr. Pemeliharaan tanaman dilakukan melalui penyiraman menggunakan air sebanyak 20 ml setiap hari selama 15 hari (sampai tanaman berumur ± 35 hari). Setelah 15 hari dilakukan pengamatan berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

9. Parameter Pengamatan dan Analisis Kromium

Parameter yang diukur adalah pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, dan berat kering. Akumulasi Cr^{6+} dalam tanaman ditentukan melalui pengukuran kandungan konsentrasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk tanaman. Analisis Cr^{6+} dilakukan dengan metode kolometri diphenylcarbazide menurut Gheju (2009). Pengukuran kandungan Cr^{6+} pada akar dan pucuk dilakukan dengan cara tanaman terlebih dahulu dicuci lalu dioven pada suhu 80°C selama 4 hari. Setelah tanaman kering, bagian akar dan daun dipisahkan dari tanaman tersebut. Kemudian akar dan daun tanaman diabukan dalam furnis pada suhu 500°C selama 6 jam. Setelah diabukan, ditambahkan HNO_3 dan HClO_4 dengan perbandingan 4 : 1 (v/v) sebanyak 5 ml. Hasil yang diperoleh disaring dengan kertas saring. Hasil penyaringan ditambah H_2SO_4 pekat sebanyak 0,02 ml dan 0,1 ml diphenilkarbazide 0,5% diinkubasi selama 15 menit. Kemudian larutan diabsorbansi pada panjang gelombang 540 nm. Konsentrasi Cr^{6+} dan Cr^{3+} dihitung dengan kurva standar Cr^{6+} .

Pengukuran kandungan Cr VI pada media pasir juga dilakukan dengan cara menimbang 5 gram media pasir, lalu dilarutkan dalam 50 ml larutan mengandung 5 mM KH_2PO_4 dan 50 mM K_2HPO_4 (Buffer Fosfat). Dishaker selama 24 jam pada kecepatan 120 rpm. Setelah 24 jam suspensi disentrifuse selama 10 menit dengan kecepatan 3500 rpm. Supernatan yang terbentuk diambil sebanyak 5 ml, ditambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 0,02 ml dan diphenilkarbazide 0,5% sebanyak 0,1 ml. Diinkubasi selama 15 menit, kemudian diabsorbansi pada panjang gelombang 540 nm.

10. Perkecambahan Jali – jali pada Media Terkontaminasi Cr

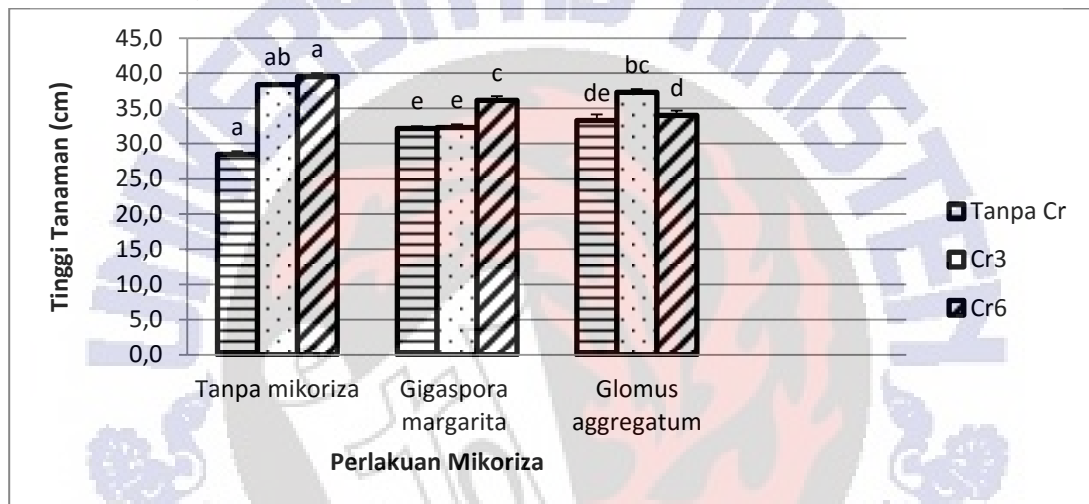
Biji tanaman jali – jali dipilih yang berwarna abu – abu mengkilap dan direndam selama 2 hari. Media tanaman dibuat dari campuran pasir dan serbuk gergaji (1: 1). Media tanaman dimasukkan ke dalam Trai plastik kotak hingga penuh. Kemudian biji jali – jali dimasukkan ke dalam trai, per trai diberikan 2 biji jali – jali. Media tanam disiram menggunakan larutan Cr^{6+} 5 ppm dan larutan Cr^{3+} masing sebanyak 1 ml. Penyiraman larutan Cr dilakukan 2 kali. Setelah 3 hari tanaman diberi mikoriza sesuai dengan perlakuannya. Perkecambahan ini dilakukan pada almari dengan lampu neon sebanyak 2 lampu per almari. Biji yang ditanam disiram air setiap hari selama 3 hari. Setelah 3 hari tidak disiram air. Kemudian ditunggu hingga biji berkecambah.

11. Analisis Data

Data hasil penelitian berupa pertumbuhan (jumlah daun, lebar daun, biomassa, konsentrasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk tanaman jali – jali) dianalisis menggunakan aplikasi pengolah data SAS dan Microsoft Excel 2010 untuk mengetahui pengaruh dari kromium dan mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman jali – jali.

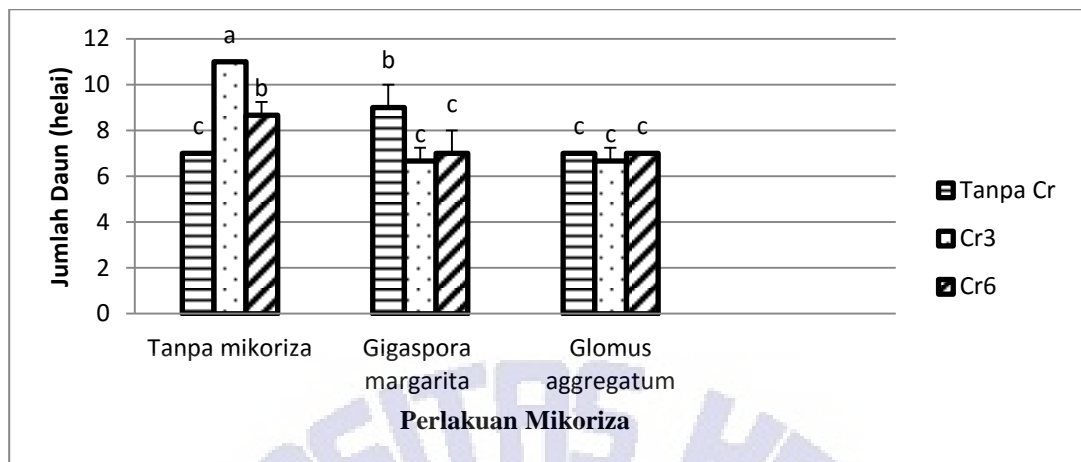
HASIL

Gambar 1 menunjukkan pengaruh pemberian Cr dan mikoriza terhadap tinggi tanaman jali – jali. Inokulasi mikoriza tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman jali – jali dibandingkan dengan tanpa inokulasi mikoriza. Pemberian mikoriza pada tanaman jali – jali memberikan respon tinggi tanaman yang bervariasi. Pemberian mikoriza *Gigaspora margarita* mampu meningkatkan secara nyata tinggi tanaman jali – jali yang diberi perlakuan Cr^{6+} . Sedangkan pemberian mikoriza *Glomus aggregatum* mampu meningkatkan secara nyata tinggi tanaman jali – jali yang diberi perlakuan Cr^{3+} . Tanaman jali – jali tanpa pemberian mikoriza baik yang diberi perlakuan Cr^{6+} dan Cr^{3+} mengalami peningkatan secara nyata tinggi tanaman dibandingkan dengan kontrol (tanpa Cr dan mikoriza).



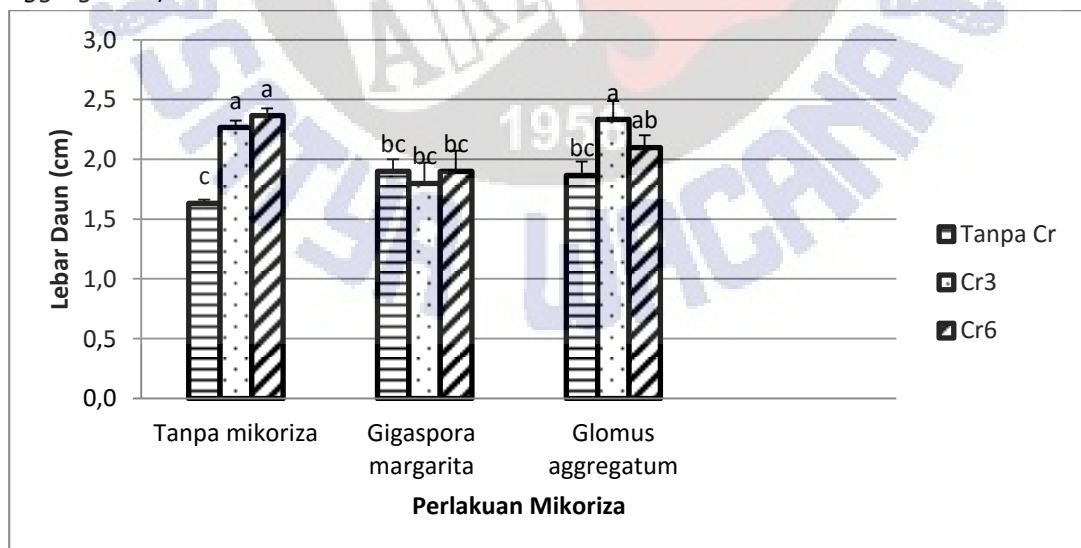
Gambar 1. Tinggi tanaman jali – jali (umur ± 35 hari) yang diberi perlakuan Cr dan mikoriza.

Pada gambar 2 ditunjukkan pengaruh dari perlakuan Cr dan mikoriza terhadap jumlah daun tanaman jali – jali (berumur ± 35 hari) dengan perlakuan selama 15 hari. Tanaman jali – jali yang diberi inokulasi mikoriza memberikan efek yang beragam terhadap jumlah daun tanaman. Pemberian Cr^{3+} dan tanpa mikoriza memberikan efek yang nyata terhadap jumlah daun tanaman jali – jali. Pemberian mikoriza *Gigaspora margarita* dan tanpa Cr memberikan efek nyata terhadap jumlah daun tanaman jali – jali dibandingkan dengan perlakuan mikoriza *Gigaspora margarita* dan Cr^{3+} serta Cr^{6+} . Pemberian *Glomus aggregatum* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman jali – jali baik dengan tanpa Cr, Cr^{3+} , dan Cr^{6+} . Secara keseluruhan tanaman jali – jali yang diberi perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{3+} memberikan hasil yang paling baik dalam jumlah daun tanaman jali – jali.



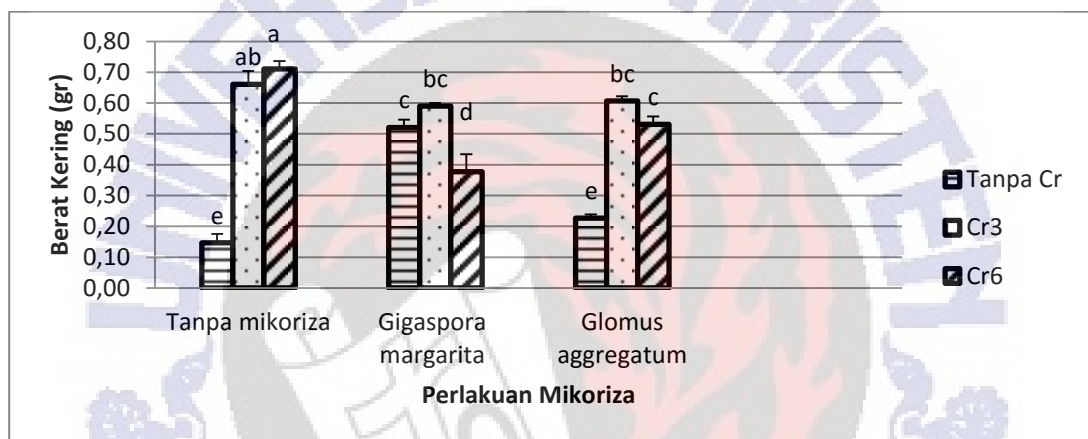
Gambar 2. Jumlah Daun tanaman Jali – jali dengan perlakuan Kromium dan Mikoriza

Gambar 3 menunjukkan pengaruh dari tanaman jali – jali yang diberi perlakuan Cr dan mikoriza terhadap lebar daun tanaman jali – jali. Seperti pada Gambar 1 dan 2 efek dari pemberian mikoriza terhadap lebar daun tanaman jali – jali bervariasi. Tanaman jali – jali yang diberi perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} memberikan efek nyata terhadap lebar daun tanaman dibandingkan dengan kontrol (perlakuan tanpa mikoriza dan tanpa Cr) dan perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{3+} . Pemberian mikoriza *Gigaspora margarita* tidak memberikan efek nyata terhadap lebar daun tanaman jali – jali. Tanaman jali – jali dengan pemberian mikoriza *Glomus aggregatum* dan Cr^{3+} memberikan efek nyata terhadap lebar daun tanaman jali – jali dibandingkan dengan kontrol (perlakuan tanpa Cr dan *Glomus aggregatum*).



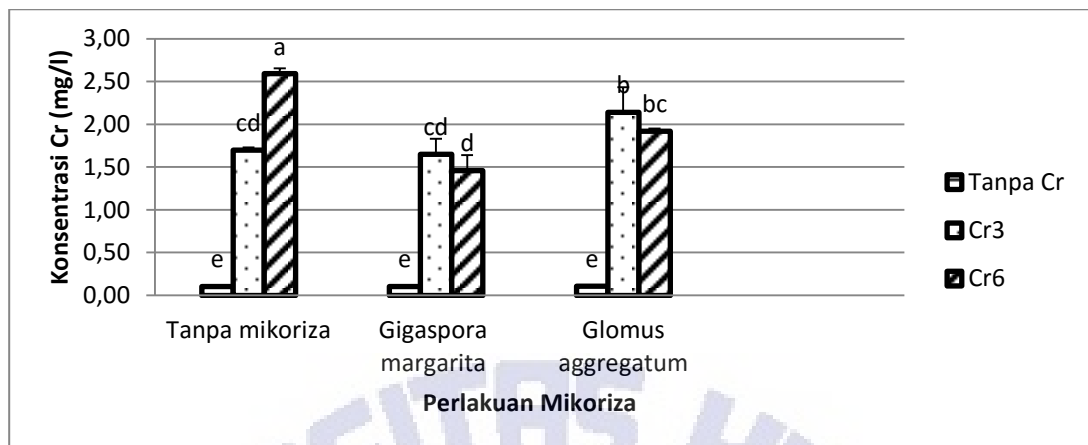
Gambar 3. Lebar daun tanaman jali – jali dengan perlakuan kromium dan mikoriza

Pada gambar 4 ditunjukkan berat kering tanaman jali – jali dengan perlakuan mikoriza dan Cr selama 15 hari (tanaman berumur ± 35 hari). Tanaman jali – jali dengan perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} mampu meningkatkan berat kering tanaman jali – jali secara nyata dibandingkan dengan perlakuan tanpa mikoriza dan tanpa Cr (kontrol). Pemberian mikoriza pada tanaman jali – jali memberikan efek yang bervariasi terhadap berat kering tanaman jali – jali. Pemberian mikoriza *Gigaspora margarita* dan Cr^{3+} memberikan pengaruh nyata terhadap berat kering tanaman jali – jali dibandingkan dengan perlakuan mikoriza *Gigaspora margarita* dan tanpa Cr. Tanaman jali – jali dengan perlakuan mikoriza *Glomus aggregatum* dan Cr^{3+} memberikan efek nyata terhadap peningkatan berat kering tanaman jali – jali dibandingkan dengan kontrol (tanpa Cr dan Mikoriza *Glomus aggregatum*).



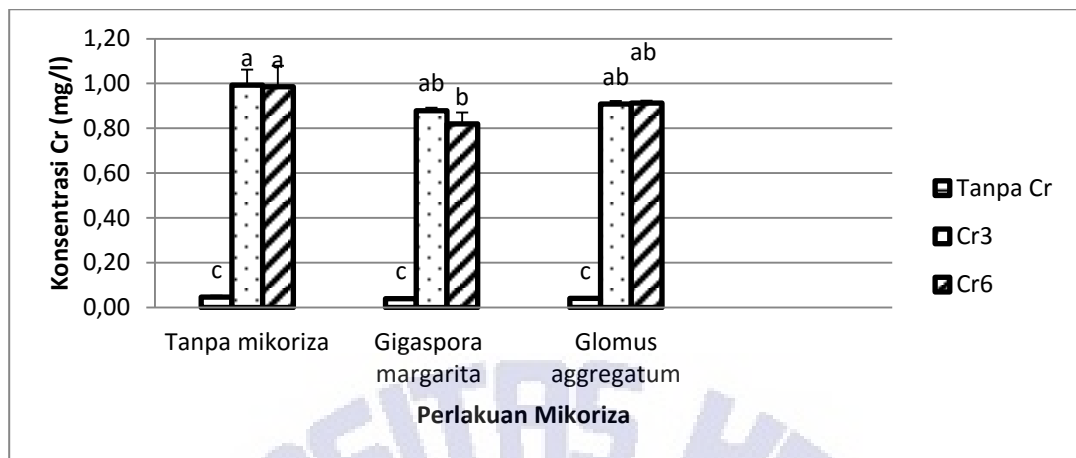
Gambar 4. Berat kering atau biomassa tanaman jali –jali dengan perlakuan mikoriza dan kromium setelah 15 hari perlakuan.

Gambar 5 menunjukkan akumulasi Cr pada akar tanaman jali – jali dengan perlakuan kromium dan mikoriza. Pemberian mikoriza memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap akumulasi Cr pada akar tanaman jali – jali. Pemberian mikoriza *Gigaspora margarita* memberikan pengaruh nyata terhadap akumulasi Cr pada akar tanaman jali – jali dengan perlakuan Cr^{3+} . Sedangkan pemberian mikoriza *Glomus aggregatum* pada tanaman jali – jali memberikan pengaruh nyata terhadap akumulasi Cr pada akar dengan pemberian Cr^{3+} . Pada perlakuan tanaman jali – jali tanpa mikoriza baik dengan Cr^{3+} dan Cr^{6+} memberikan pengaruh nyata terhadap akumulasi Cr pada akar tanaman jali – jali dibandingkan dengan kontrol (perlakuan tanpa Cr dan tanpa mikoriza).



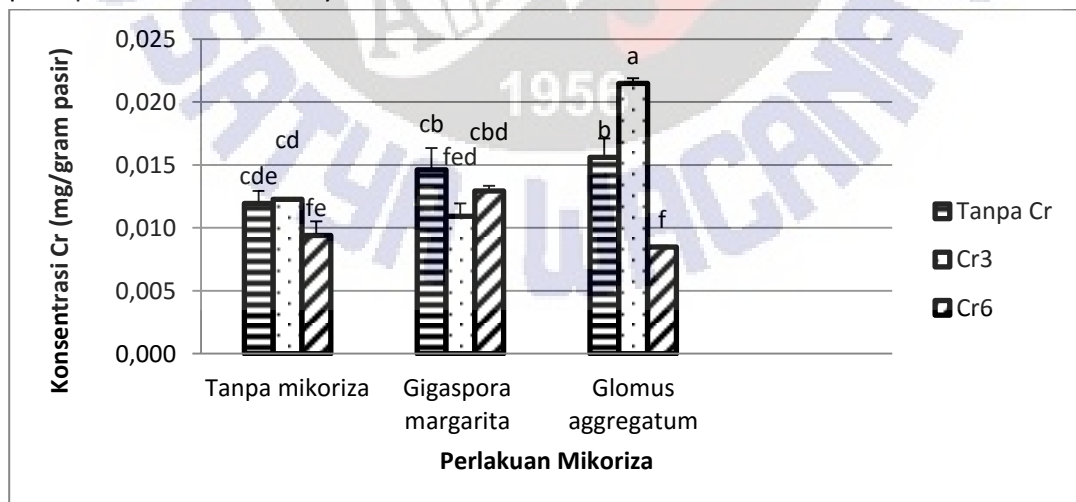
Gambar 5. Akumulasi Cr pada akar tanaman jali – jali dengan perlakuan kromium dan mikoriza. Pengukuran konsentrasi kromium pada akar menggunakan metode Gheju setelah tanaman diberi perlakuan selama 15 hari..

Pada gambar 6 ditunjukkan hasil pengukuran akumulasi Cr pada pucuk tanaman jali – jali dengan perlakuan mikoriza dan kromium yang diukur menggunakan metode Gheju setelah tanaman diberi perlakuan selama 15 hari (umur tanaman ± 35 hari). Inokulasi mikoriza pada tanaman jali- jali memberikan efek yang bervariasi terhadap kemampuan mengakumulasi Cr pada pucuk tanaman jali – jali. Pada perlakuan mikoriza *Glomus aggregatum* baik dengan perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} memberikan efek nyata terhadap akumulasi Cr dibandingkan dengan kontrol (tanpa Cr dan mikoriza *Glomus aggregatum*). Pemberian mikoriza *Gigaspora margarita* memberikan efek nyata terhadap kemampuan tanaman jali – jali mengakumulasi Cr baik dengan perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} dibandingkan dengan kontrol (tanpa Cr dan mikoriza *Gigaspora margarita*). Perlakuan tanpa mikoriza menunjukkan hasil akumulasi akumulasi Cr yang paling tinggi pada pucuk tanaman jali – jali dibandingkan dengan perlakuan dengan mikoriza. Perlakuan tanpa mikoriza baik dengan pemberian Cr^{3+} dan Cr^{6+} memberikan efek nyata terhadap daya akumulasi Cr pada pucuk tanaman jali – jali dibandingkan dengan kontrol (tanpa Cr dan tanpa mikoriza).



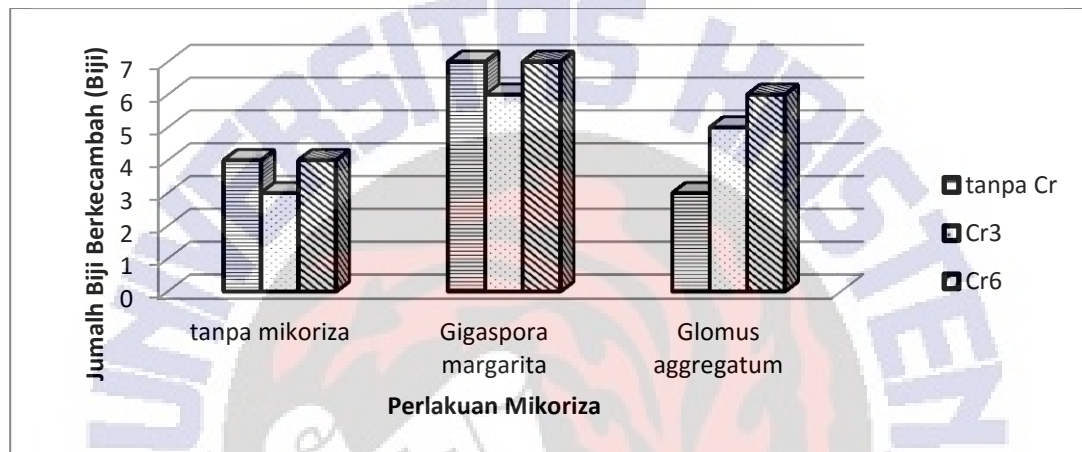
Gambar 6. Akumulasi Cr pada pucuk tanaman jali – jali dengan perlakuan mikoriza dan kromium yang diukur menggunakan metode Gheju setelah tanaman diberi perlakuan selama 15 hari.

Pada gambar 7 ditunjukkan hasil pengukuran Cr pada media pasir untuk menanam tanaman jali – jali dengan perlakuan Cr dan mikoriza. Pemberian mikoriza pada pasir menunjukkan hasil yang bervariasi. Apabila hasil yang diperoleh semakin rendah maka akumulasi Cr oleh tanaman jali – jali semakin tinggi. Pada perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} menunjukkan hasil yang paling rendah dan berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{3+} serta tanpa Cr. Perlakuan mikoriza *Gigaspora margarita* dan Cr^{3+} menunjukkan konsentrasi Cr yang paling rendah dan berbeda nyata. Pada pemberian mikoriza *Glomus aggregatum* dan Cr menunjukkan hasil yang paling rendah kandungan Cr pada pasir dan ada beda nyata.



Gambar 7. Konsentrasi Cr^{6+} pada media pasir setelah 15 hari perlakuan Cr dan mikoriza.

Gambar 8 menunjukkan perkecambahan biji jali – jali pada media tanam terkontaminasi Cr^{3+} 250 ppm sebanyak 2 ml per biji dan Cr^{6+} 5 ppm sebanyak 2 ml per biji. Pada perlakuan Cr^{6+} dan mikoriza *Gigaspora margarita* serta perlakuan tanpa Cr dan Mikoriza *Gigaspora margarita* memiliki jumlah biji jali – jali yang paling banyak berkecambah masing – masing sebanyak 7 biji jali – jali. Inokulasi mikoriza *Gigaspora margarita* berpengaruh nyata terhadap banyaknya biji yang dapat berkecambah. Inokulasi mikoriza *Glomus aggregatum* juga berpengaruh nyata dalam perkecambahan biji jali – jali. Namun *Gigaspora margarita* lebih efektif daripada *Glomus aggregatum* terhadap perkecambahan biji jali – jali.



Gambar 8. Perkecambahan biji jali – jali pada media tanam terkontaminasi Cr^{3+} dan Cr^{6+} .

PEMBAHASAN

Pertambahan tinggi tanaman jali – jali yang diberi perlakuan Cr ini dimungkinkan karena tanaman jali – jali mampu beradaptasi dengan lingkungan yang memiliki cekaman Cr. Tanaman akan memanfaatkan senyawa – senyawa yang ada pada lingkungan dengan cekaman Cr. Larutan Cr yang ada pada lingkungan dapat diserap oleh tanaman jali – jali kemudian akan dimanfaatkan untuk tanaman itu sendiri. Dengan demikian tanaman mampu menoleransi cekaman Cr yang ada pada lingkungannya (Siregar dan Siregar, 2016). Inokulasi mikoriza pada tanaman jali – jali yang diberikan perlakuan Cr dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jali – jali karena asosiasi mikoriza dengan akar tanaman mampu meningkatkan penyerapan air dan unsur hara bagi tanaman yang kemudian digunakan untuk pertumbuhan tanaman (Wulandari, 2010). Selain meningkatkan penyerapan air dan unsur hara, mikoriza mampu memperluas permukaan akar tanaman untuk penyerapan unsur hara dan air dari dalam tanah (Hardiatmi, 2008). Semakin luas permukaan akar maka penyerapan unsur hara dari tanah juga semakin maksimal (Aguzaen, 2009).

Menurut Jannah (2011) tanaman yang diinokulasi mikoriza pertumbuhan daunnya lebih baik daripada tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza. Tanaman bermikoriza mampu melakukan fotosintesis lebih optimal karena luas permukaan daunnya lebih luas sehingga energi matahari yang diserap dalam proses fotosintesis lebih optimal. Daun yang lebih luas mengandung klorofil lebih banyak dari pada daun yang kurang luas. Semakin tinggi tanaman maka luas permukaan daun akan semakin luas juga. Pada tanaman jali – jali pemberian mikoriza tidak begitu berefek pada lebar daun tanaman. Pada hasil penelitian lebar daun tanaman jali – jali yang diberikan mikoriza tidak lebih lebar daripada tanaman yang tidak diberi mikoriza. Daun tanaman yang tidak diberi perlakuan mikoriza lebih lebar hal ini diduga karena tanaman jali – jali belum dapat bersimbiosis dengan mikoriza, maka efek mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman jali – jali belum terlihat.

Berat kering tanaman jali – jali setelah perlakuan mikoriza dan Cr bervariasi. Berat kering yang paling besar pada perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} . Berat kering tanaman berbanding lurus dengan jaringan tanaman yang terbentuk setelah air keluar dari jaringan dan komposisi unsur hara yang ada pada tanaman tersebut. Berat kering tanaman juga menandakan tingkat pertumbuhan tanaman. Semakin besar berat kering tanaman maka pertumbuhan tanaman tersebut semakin baik dan unsur hara yang terserap oleh tanaman semakin banyak (Musfal, 2010). Berat kering pada tanaman jali – jali dengan perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} kemungkinan dipengaruhi oleh jumlah akumulasi Cr yang dapat diserap oleh tanaman jali – jali. Akumulasi Cr perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} menunjukkan hasil yang paling besar baik diakar maupun didaun (Gambar 5). Tanaman jali – jali mampu mengakumulasi Cr karena toleran terhadap Cr. Tanaman jali – jali toleran karena mampu mengakumulasi logam berat pada sel – selnya. Akumulasi Cr pada tanaman salah satunya dibantu oleh senyawa yang dapat mengikat logam berat yaitu fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan peptida yang mengandung 2-8 asam amino sistein di pusat molekul serta asam glutamat dan glisin pada ujung yang berlawanan. Fitokhelatin akan mengikat Cr kemudian akan membentuk kompleks dengan unsur atau senyawa lain. Logam Cr yang terakumulasi akan ditempatkan pada vakuola sel tumbuhan (Salisbury, 1995).

Akumulasi Cr dapat terjadi dibagian tanaman manapun tergantung kemampuan tanaman dalam mentoleransi Cr. Akumulasi logam berat Cr oleh tanaman melalui tiga proses yang berkelanjutan yaitu akumulasi penyerapan Cr oleh akar, kemudian translokasi Cr dari akar ke bagian tanaman lain dan terakhir penempatan logam berat Cr pada bagian sel tertentu agar tidak menghambat metabolisme sel tumbuhan (Priyatno, 2006). Lebih lanjut Brook (1997) menjelaskan bahwa akumulasi logam berat ke dalam tanaman diawali dari akar. Akar akan mengakumulasi logam berat melalui bantuan transport ligand dalam membran akar. Kemudian menuju transport logam kompleks yang akan menembus xylem dan terus menuju daun.

Setelah di daun logam berat akan melewati plasmalemma, sitoplasma dan tonoplasma untuk masuk ke vakuola. Dalam vakuola transport ligand kompleks bereaksi dengan akseptor terminal ligand untuk membentuk suatu akseptor kompleks logam. Transpot ligand dilepas dan akseptor kompleks logam terakumulasi dalam vakuola yang tidak akan mempengaruhi proses fisiologis sel – sel tumbuhan. Pada penelitian ini akumulasi Cr pada tanaman jali – jali paling tinggi berada pada bagian akar tanaman dibandingkan dengan pucuk atau daun tanaman. Akumulasi tertinggi Cr di akar dimungkinkan karena akar bersentuhan langsung dengan media tanam yang terkontaminasi Cr. Akar juga memiliki mekanisme untuk imobilisasi Cr menuju pucuk atau daun. Hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan pada daun yang berakibat pada kerusakan klorofil dan beberapa enzim tanaman (Shanker, 2004). Namun disisi lain, pemanjangan akar akan terhambat (Iqbal *et al*, 2001) . Pada akar akumulasi logam berat akan ditampung pada vakuola (Zou *et al*, 2009). Vakuola berperan sebagai tempat penyimpanan akhir senyawa yang bersifat toksik. Tanaman jali – jali mengimobilisasi Cr dalam vakuola sel – sel akar untuk mencegah cekaman oksidatif pada organ lain (Liu *et al*, 2009). Akar tanaman jali – jali diduga mendistribusikan Cr dari akar ke pucuk saat akar tidak mampu menampung akumulasi Cr yang berlebihan.

Pengukuran kandungan Cr juga dilakukan pada pasir yang telah digunakan sebagai media tanam jali – jali. Hasil pengukuran Cr^{6+} menunjukkan konsentrasi Cr yang rendah. Apabila kandungan Cr dalam pasir rendah maka Cr dalam pasir sebagian besar telah diakumulasi oleh tanaman jali – jali. Perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} menunjukkan hasil yang paling rendah, hal ini berbanding terbalik dengan akumulasi Cr yang tinggi pada akar dan pucuk tanaman perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} . Pada perlakuan mikoriza *Glomus aggregatum* dan Cr^{6+} konsentrasi Cr pada pasir rendah namun akumulasi Cr pada akar dan pucuk tidak lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa mikoriza dan Cr^{6+} hal ini diduga karena Cr^{6+} pada pasir mengalami reduksi menjadi Cr^{3+} , sehingga konsentrasi Cr^{6+} yang terdeteksi menjadi rendah. Pada perlakuan dengan Cr^{3+} ditemukan adanya Cr^{6+} pada pasir dengan perlakuan tersebut. Ditemukannya Cr^{6+} pada perlakuan Cr^{3+} karena terjadi biotransformasi Cr^{3+} di media pasir. Persentase recovery Cr^{6+} pada penelitian ini tidak mencapai 100% ,hal ini disebabkan karena Cr^{6+} mengalami reduksi menjadi bentuk Cr^{3+} (Shanker *et al*, 2004). Pada perlakuan tanpa Cr ditemukan adanya kandungan Cr, hal ini disebabkan karena adanya partikel yang tidak dapat mengendap dan larut sepenuhnya, terutama media tumbuh mikoriza yang berdampak pada hasil ekstraksi yang tidak jernih seperti akuades pada saat proses ekstraksi pasir.

Perlakuan mikoriza *Gigaspora margarita* terhadap perkecambahan biji jali – jali pada media terkontaminasi Cr berpengaruh nyata. Perlakuan mikoriza *Gigaspora margarita* baik dengan Cr^{3+} dan Cr^{6+} menunjukkan hasil yang tertinggi, hal ini diduga karena mikoriza ini mampu mendetoksifikasi dan mengakumulasi Cr^{3+} dan Cr^{6+} sehingga

perkecambahan biji jali – jali tidak terpengaruh oleh kromium. Pada perlakuan dengan mikoriza *Glomus aggregatum* perkecambahan biji jali – jali dibandingkan dengan kontrol memiliki pengaruh nyata terhadap banyaknya biji jali – jali yang berkecambah. Mikoriza *Glomus aggregatum* diduga mampu mendetoksifikasi Cr^{3+} dan Cr^{6+} sehingga perkecambahan biji jali – jali bisa terjadi. Namun perlakuan mikoriza *Gigaspora margarita* lebih optimal terhadap banyaknya biji jali – jali yang berkecambah dibandingkan dengan perlakuan mikoriza *Glomus aggregatum* (Gambar 8). Mikoriza yang bersimbiosis dengan tanaman atau biji tanaman diketahui mampu memaksimalkan penyerapan air oleh tanaman dan biji tanaman. Perkecambahan biji tergantung pada proses penyerapan air oleh biji untuk mematahkan masa dormansi biji. Mikoriza *Gigaspora margarita* yang bersimbiosis dengan tanaman diketahui mampu memaksimalkan penyerapan air oleh tanaman (Hardiani, 2009).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan Cr dan mikoriza mempengaruhi secara nyata akumulasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk tanaman jali-jali. Akumulasi Cr^{6+} pada akar lebih tinggi dibandingkan pada pucuk. Pada perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} , akumulasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk tanaman jali-jali yang tidak diberi mikoriza lebih tinggi dibandingkan yang diberi mikoriza. Akumulasi Cr^{6+} paling tinggi dijumpai dalam akar dan pucuk tanaman yang diberi perlakuan Cr^{6+} 5 ppm dan tanpa mikoriza, berturut-turut sebesar 2,55 mg/L dan 0,986 mg/L. Perlakuan mikoriza *Glomus aggregatum* dan *Gigaspora margarita* tidak dapat mengotimalkan pertumbuhan tanaman jali- jali. Pertumbuhan jali – jali lebih optimal tanpa perlakuan mikoriza. perlakuan mikoriza *Gigaspora margarita* dan *Glomus aggregatum* meningkatkan perkecambahan biji jali – jali dibandingkan dengan kontrol, namun pemberian *Gigaspora margarita* lebih efektif dalam perkecambahan biji tanaman jali – jali.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Sri Kasmiyati, S.Si, M.Si sebagai pembimbing dalam menyelesaikan penelitian. Kepada laboran Fakultas Biologi Joko Sulistyو Wartanto dan Nanuk Tri Setyorini yang telah membantu dalam penyiapan alat dan bahan sehingga penelitian dapat berjalan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguzaen. 2009. *Respon Pertumbuhan Bibit Stek Lada (Piper Nisrum L) terhadap Pemberian Air Kelapa dan Berbagai Jenis CMA*. Universitas Baturaja. Vol. 1. No. 1. Hal: 36 – 47.
- Aisyah, L., Hardiani, H. 2009. *Fitoremediasi Tanah Terkontaminasi Logam Cu Limbah Padat Proses Deinking Industri Kertas Oleh Tanaman Bunga Matahari (Helianthus annuus L) dengan Penambahan Mikoriza*. BS, Vol. 44, No.1. Bandung.

- Aprilia, D.D. 2013. *Pengaruh Pemberian Mikroba Glomus fasciculatum terhadap Pertumbuhan Tanaman yang Ditumbuhkan pada Media Mengandung Logam Timbal (Pb)*.. (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-30994-1509100068-Presentation.pdf>). Diakses pada tanggal 1 Oktober 2016.
- Brook, R. R. 1997. Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metal Element-A Review of Their Distribution, Ecology and Phytochemistry. *Biorecovery*.
- Cahyani, W. 2010. *Substitusi Jagung (Zea mays) dengan Jali (Coix lacryma-jobi L) pada Pembuatan Tortila: Kajian Karakteristik Kimia dan Sensori*. Skripsi Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Gheju M, Balcu. I., Ciopec. M. 2009. Analysis of Hexavalent Chromium uptake by Plant in Polluted Soils. *J Annals of chem* 20:127-131..
- Hardiani, H. 2009. *Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. BS, Vol. 44, No.1. Bandung.
- Hardiatmi S. M. J. 2008. *Pemanfaatan Jasad Renik Mikoriza Untuk Memacu Pertumbuhan Tanaman Hutan*. Jurnal Inovasi Pertanian. Vol. 7. No. 1. Hal: 1-10.
- Hidayat, E. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. ITB. Bandung.
- Iqbal. MZ. Saeeda, S., Shafiq. 2001. Effect of chromium, on an important arid tree (Caesalpinia pulcherrima) of karachi city. *J Ecol* 20:414-422.
- Irawanto, R. Kemampuan Tumbuhan Akutik (Acanthus ilicifolius dan Coix lacryma-jobi) Terhadap Logam Berat (Pb dan Cd). *Prosiding Seminar Nasional Pasca Sarjana XIV-ITS Surabaya*. 2014.
- Jannah. 2011. *Respon Tanaman Kedelai Terhadap Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskular di Lahan Kering*. Ganec swara. Mataram. Vol. 5. No. 2. Hal:28-31.
- Liu J, Chang QD, Xue HZ, Yi NZ, Cheng H. 2009. Subcellular distribution of chromium in accumulating plant Leersia hexandra Swartz. *J Plant Soil* 322: 187-195.
- Malik, R.A. 2014. *Potensi Tanaman Potentilla lanceolata, Echinodorus paleifolius, Zanthedeschia aethiopica sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tekstil*. Skripsi Sarjana pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UPI Bandung : tidak diterbitkan. 29-42.
- Musfal. 2010. *Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula Untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung*. Jurnal Litbang Pertanian. Sumatera Utara. Vol. 29. No. 4. Hal: 154.
- Pellerin., Susan, M.B. 2006. Reflection on hexavalent chromium: Health hazards of an industrial heavy weight. [http://www.nickel & chromium hazard/millennium ark water purification](http://www.nickel&chromiumhazard/millenniumarkwaterpurification).
- Priyatno, G. Y. 2006. *Bioremediasi Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Simulasi Tanaman Air*. Jurnal Bumi Lestari, 8. Hal:136-144.
- Purnomo, D.W. 2008. *Keefektifan Fungi Mikoriza Arbuskula dalam meningkatkan Hasil dan Adaptasi Cabai (Capsicum Annum L) pada Tanah Bercekan Aluminium*. Disertasi untuk Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Rahmawati, D.E. 2003. *Estimasi Hereditabilitas Dengan Metode Regresi Tertua-Turunan (Parents-offspring) dan Kemajuan Genetik Beberapa Karakter Penting Hanjeli (Coix lacryma-jobi L) di Arjasari*. Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Sabran, M., Bambang, S., Endro, G., Endang, R., Hardono., I Putu, W., Joko, P., Mamat, H.S., Ridwan, R., Rino, H., Saptowo, P., Sulusi, P., Wachid. 2012. *Inovasi Teknologi Membangun Ketahanan Pangan dan Kesejahteraan Petani*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid I*. ITB. Bandung.
- Sangwan, P. 2013. Chromium (VI) Induced Biochemical Changes and Gum Content in Cluster Bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L) at Different Development Stages. (http://www.hindawi.com/journal_of_botany/578627). Diakses pada tanggal 1 Oktober 2016
- Shanker AK, Pathmanabhan. G. 2004. Speciation dependant antioxidative response in roots and leaves of sorghum (*Sorghum bicolor* L) Moench cv CO 27) under Cr (III) and Cr(VI)Cr(VI) stress. *J Plant Soil* 265:141-151.
- Siregar,U.J., Siregar CA. 2010. *Fitoremediasi:Prinsip dan Prakteknya Dalam Restorasi Lahan Paska Tambang di Indonesia*. (<http://data.dppm.uui.ac.id>.). Diakses pada tanggal 25 Desember 2016.
- Slamet, R. S. 2003. *Pengolahan Limbah Logam Berat Kromium (VI) dengan Fotokatalis TiO₂*. MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 7, NO 1.
- Tisdall, J.M. 1991. Fungal Hyphae and Structural Stability of Soil. *J. Soil. Res.*29:729-743. Australia.
- Triatmojo, S., Djojowidagdo. S., Sihombing D.T.H., Wiradarya, T. R. 2001. *Biosorpsi Reduksi Krom Limbah Penyamakan Kulit dengan Biomassa Fusarium sp dan Aspergillus niger*. Manusia dan Lingkungan. Vol VIII(2), 70-81.Pusat Studi Lingkungan Hidup. UGM. Yogyakarta.
- Truong, P. 2000. Application of the Vetiver System for Phytoremediation of Mercury Pollution in the Lake and Yolo Counties. Northern California.
- Wulandari, R. 2010. *Respon Pertumbuhan Semai Swietenia macrophylla King. Terhadap Cekaman Air Pada Media Bermikoriza*. Jurnal Forest Sains. Vol. 8. No. 1. Hal: 38-43.
- Zou J, KeliY, Zhonggui Z, Wusheng J, Donghua L. 2009. Antioxidant response system and chlorophyll fluorescence in chromium (VI) treated Zea mays (L) seedling. *J Series Bot* 51:23-33.